



Mätning av stammens tvärsnittsarea med hjälp av klave jämfört med diametermåttband i det praktiska skogsbruket

*A comparison between caliper- and diameter tape
measuring of stem diameter*

**BJÖRN ENEMAN
CHRISTOFFER OLSSON**



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2019:14

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Mätning av stammens tvärsnittsarea med hjälp av klave jämfört med diametermåttband i det praktiska skogsbruket

A comparison between caliper- and diameter tape measuring of stem diameter

Björn Eneman
Christoffer Olsson

Handledare: Torbjörn Valund, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2019

Omslagsbild: Ponsse-skördare som upparbetar trissor inför undersökningen. Foto: Björn Eneman.

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2019:14

Nyckelord: skogsuppskattning, klave, diametermåttband



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Förord

Detta är ett examensarbete som omfattar 15 hp och har utförts vid Skogsmästarskolan, Skinnskatteberg. Arbetet har utförts under 10 veckor våren 2019.

Den grundläggande idén till arbetet kom från handledaren Torbjörn Valund och har efter det byggts vidare på tillsammans med författarna. Syftet har varit att skapa en ökad förståelse för konsekvenserna av valet av metod för mätning av trädstammens tvärsnittsarea vid skogsuppskattning.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Torbjörn Valund, lärare på Skogsmästarskolan, som genom arbetets gång varit ett stort stöd till oss.

Vi vill även tacka följande personer utan inbördes ordning:

- Paulina Nordling, Sveaskog, som möjliggjort studien genom att förse oss med försöksmaterial i form av trissor.
- Sveaskogs egna avverkningsgrupp ”Suraungarna” som hjälpt oss med att upparbeta trissorna under sin arbetstid.
- Ellen Eriksson som hjälpt oss korrekturläsa arbetet.

Uppsala, mars 2019

Björn Eneman
Christoffer Olsson

Innehåll

FÖRORD	III
SAMMANFATTNING	1
SUMMARY.....	3
1. INTRODUKTION	5
1.1 SYFTE.....	7
2. MATERIAL OCH METODER	9
2.1 I FÄLT.....	9
2.2 BERÄKNING AV FACIT	9
2.3 ANVÄNDNING AV KLAVNING OCH DIAMETERMÅTTBAND.....	10
2.4 DEFINITIONER.....	11
3. RESULTAT.....	13
3.1 MÄTNINGSRESULTAT FÖR TRISSOR AV TALL TAGNA UR GALLRINGSSKOG	13
3.2 MÄTNINGSRESULTAT FÖR TRISSOR AV GRAN TAGNA UR GALLRINGSSKOG	15
3.3 MÄTNINGSRESULTAT FÖR TRISSOR AV TALL TAGNA FRÅN SLUTAVVERKNINGSBESTÅND	17
3.4 MÄTNINGSRESULTAT FÖR TRISSOR AV GRAN TAGNA FRÅN SLUTAVVERKNINGSBESTÅND	20
3.5 SAMMANSTÄLLNING	21
4. DISKUSSION	23
4.1 POTENTIELLA FELKÄLLOR	23
4.2 MÄTNINGSRESULTATENS AVVIKELSER FRÅN FACIT BASERAT PÅ TRÄDSLAG OCH TRÄDENS ÅLDER	24
4.3 JÄMFÖRELSE MELLAN MÄTNINGSMETODERNAS AVVIKELSER FRÅN FACIT	25
5. REFERENSLISTA	27
5.1 LITTERATUR.....	27
5.2 INTERNETKÄLLOR.....	27
6. BILAGOR.....	29

Sammanfattning

Diametermätning av träd i brösthöjd, det vill säga vid 1,3 meter över marknivån, är grunden för en korrekt volymuppskattning i svenskt skogsbruk (Skogskunskap, länk A). Genom att fastställa en brösthöjdsdiameter för trädet går det att räkna ut grundytan genom att använda sig av formeln för en cirkels area, $A = \pi r^2$, eller formeln för en ellips, $A = r_1 r_2 \pi$.

Efter att arean i brösthöjd är fastställd multipliceras arean med trädets höjd samt ett formtal. Formtalet ska kompensera för trädets form som är avsmalnande mot toppen.

Det finns i huvudsak två olika verktyg att använda sig av för att bestämma ett trädets brösthöjdsdiameter; klave och diametermåttband. I Sverige har vi av tradition använt oss av klaven medan diametermåttbandet används mer frekvent i det internationella skogsbruket. Det huvudsakliga syftet med studien är att jämföra klavning mot mätning med diametermåttband för att se vilket verktyg som ger det mest exakta mätresultatet. Vidare syftar studien till att påvisa skillnaderna mellan olika typer av klavningsmetoder, slumpvis korsklavning och klavning med utgångspunkt från kortaste samt längsta diameter. Även hur resultatet skiljer sig åt mellan de olika trädslagen samt skillnaderna mellan gallrings- och slutavverkningsskog undersöktes.

För att kunna avgöra vilken av metoderna som ger det mest exakta resultatet sågades totalt 40 trissor av slutavverkning- och gallringsskog fördelat på trädslagen tall och gran. Varje trissas area fastställdes med hjälp av Adobe Photoshop CC 2019 och de olika mätmetoderna jämfördes med facitberäkningarna.

Resultatet av studien visar att diametermätning genom korsklavning med utgångspunkt från den kortaste diametern ger den mest exakta arean, med en genomsnittlig överskattning på 4 procent av trädets area i brösthöjd. Diametermätning med diametermåttband visade sig vara den minst precisa metoden med en genomsnittlig överskattning på 8,12 procent. Tall i gallringsskog gav minst avvikelse från den egentliga arean medan gran i gallringsskog avvek mest. Resultaten tyder på att klavning ger ett mer precist mättningsresultat än mätning med diametermåttband.

Nyckelord: Skogsuppskattning, klave, diametermåttband

Summary

The two most common ways of measuring the breast height diameter of a tree stem is to use a caliper or a diameter measuring tape. In Sweden there is a tradition of using a caliper when estimating the volume of a forest. From an international perspective the diameter measuring tape is the more common tool.

The purpose of the study is to show which of the two methods that differ the least from the correct area. Furthermore, the study compares the results from usage of different types of cross calipering methods to each other. It also compares the differences in results these methods presents when measuring pine and spruce.

The study started by analyzing and calculate the correct area from 40 tree trundles of pine and spruce. By comparing the result from the cross caliper measuring and the diameter tape measuring it is showed that the caliper is more precise than the diameter tape. The study also indicates that measurements of spruce in thinning forests differ the most from the correct area.

Keywords: Forest estimation, caliper, diameter measuring tape

1. Introduktion

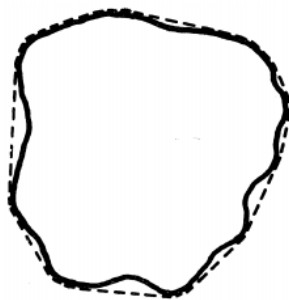
Skogsuppskattning handlar till stor del om att med hjälp av olika verktyg hämta in uppgifter från olika typer av skog. Flera av verktygen används i syfte att kunna uppskatta volymen av den stående skogen. En vanlig princip för att mäta volymen på ett träd sker genom att mäta höjden på trädet, arean på trädets tvärsnitt i brösthöjd, och multiplicera resultaten med varandra. Därefter multipliceras det resultatet med ett *formtal*, som ska avse förhållandet mellan trädets volym och en cylinder med samma höjd och diameter som trädet (Högberg, 2013).

De två mest använda verktygen för uppskattning av trädstammens grundyta och volym är klaven respektive diametermåttbandet.

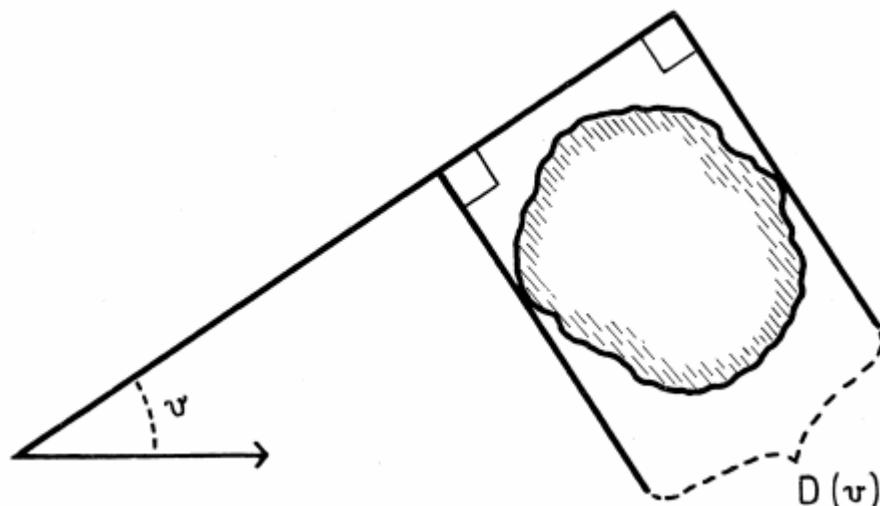


Figur 1. På bilden syns klaven och måttbandet som användes i studien. Foto: Björn Eneman.

I den svenska litteraturen om skogsuppskattning nämns nästan enbart användning av klaven (Westman & Karlsson, 1987), i andra länder (ofta med grövre skog) tycks användning av diametermåttbandet mer framträdande (Watts & Tolland, 2005). Användandet av dessa verktyg förutsätter att stammens tvärsnitt är cirkelformigt, vilket innebär att fel uppstår då tvärsnittet avviker från formen. Detta på grund av att vid mätningar med sådana metoder som sker utanpå stammen har man endast kontakt med tvärsnittets ”konvexa hölje”. Tvärsnittets verkliga area är generellt mindre än dess hölje, det vill säga att det besitter ett ”konvext deficit” (Matérn, 1956).



Figur 2. Den streckade linjen visar det konvexa höljet hos formen av en trädstam och skulle kunna representera vad ett diametermåttband uppmäter som trädets omkrets. Källa: (Matérn, 1956).



Figur 3. Diametern ”D” används tillsammans med formeln för arean av en cirkel eller ellips för att ta fram tvärsnittets area. Vid noggrannare mätningar används det aritmetiska eller geometriska medeltalet av D och en uppmätt diameter 90° från denna. Inte heller denna metod tar hänsyn till det konvexa deficitet. Källa: (Matérn, 1956).

Mätning med hjälp av diametermåttband sker genom att bandet tätt läggs an mot trädets mantelyta och diametern avläses direkt från bandet. Detta är möjligt då bandet är kalibrerat i enheter av den matematiska konstanten pi (π), så en enhet visat som 1 centimeter lång på ett diametermåttband är egentligen ca 3,14 cm lång (West, 2009). Mätning med hjälp av klaven kan ske på flera olika sätt, ofta beroende av hur många träd man mäter. Vid mätning av ett stort antal träd så räknar man med att få en tillräckligt precis diameter genom att mäta den vinkelrätt från det håll man möter trädet. Tydligt ovala träd bör dock alltid korsklavas, det vill säga att man mäter två diametrar på trädet och registrerar medelvärdet av dessa. Vid noggranna mätningar av ett fåtal träd kan det vara lämpligt att korsklava alla dessa då de flesta träden är mer eller mindre ovala. (Karlsson & Westman, 1987)

Då man korsklavar ett elliptiskt träd är det vanligt att mäta den största och minsta diametern, d_1 och d_2 , och använda det aritmetiska medelvärdet av dessa. Det resulterar dock i en överskattning av tvärsnittets ”sanna” diameter. Detsamma gäller om man skulle ta fram diametern genom att mäta trädets omkrets med ett diametermåttband och dividera omkretsen med pi (π). Det bästa vore att, istället för att använda det aritmetiska medelvärdet av diametrarna, använda det geometriska medelvärdet, $\sqrt{d_1 d_2}$ (Husch m.fl., 2003).

Syftet med arbetet är kunna inspirera till fördjupande studier inom detta tämligen outforskade område. Detta bör kunna vara av intresse för en stor del av skogsbranschen på grund den återkommande påverkan som skogstjänstemannen kan ha på volymuppskattning av stående skog. Exempel på när sådan påverkan kan påträffas är i upprättandet av en skogsbruksplan samt i en virkesköparens inledande kontakt med en skogsägare. En korrekt volymuppskattning är såklart särskilt viktigt i handel vid kontraktsformen *rotpost*.

En tidigare studie som jämfört hur precisa mätningar baserade på omkrets samt aritmetisk och geometrisk medeldiameter har gjorts på ett stort antal tvärsnitt av poppel (*Populus x euramericana* (Dode) Guinier cv. Luisa Avanzo). Mätningarna resulterade i överskattningar av arean med 0,47-2,37 procent. Uppskattningarna baserade på tvärsnittets geometriska medeldiameter av den största och den minsta diametern gav de mest träffsäkra resultaten (Rodríguez m.fl., 2015). Då de mätningarna gjordes helt digitalt så förväntar vi oss större avvikelser i våra mätningar.

En rent geometrisk undersökning ger ett visst stöd för användning av omkretsmätning istället för klavning. Klavning av maximi- och minimidiametrar tycks i högre grad vara beroende av antaganden om tvärsnittets form och kan i vissa fall ge relativt stora överskattningar eller underskattningar. Ur praktisk synpunkt spelar det liten roll om man använder den geometriska eller aritmetiska medeldiametern för mätningar (Matérn, 1956).

Vår hypotes är att samtliga metoder kommer att överskatta arean något, det vill säga att den metod som presenterar de lägsta resultaten kommer vara den mest träffsäkra.

1.1 Syfte

- Jämföra klavning som mätmetod med diamettermåttband som mätmetod. Vilket av dessa två verktyg ger minst avvikelser vid beräkningar av cirkelns samt ellipsens area?
- Hur resultaten skiljer sig åt mellan de tre olika korsklavningsmetoderna som behandlas i studien: Slumpvis korsklavning samt korsklavning via längsta och kortaste diameter. Vilken av dessa metoder avviker minst från facitberäkningarna?
- Vidare syftar studien till att påvisa hur resultaten skiljer sig åt mellan olika typer av bestånd. Följande beståndstyper behandlas: Gran ur gallringsskog, tall ur gallringsskog, gran ur slutavverkningsskog samt tall ur slutavverkningsskog.

2. Material och metoder

För att genomföra undersökningen så hämtades först ett antal *trissor* in från fält, sedan beräknades noggrant den verkliga arean av dessa. Därefter jämfördes mätningsskalorna sinsemellan, närmare beskrivet nedan.

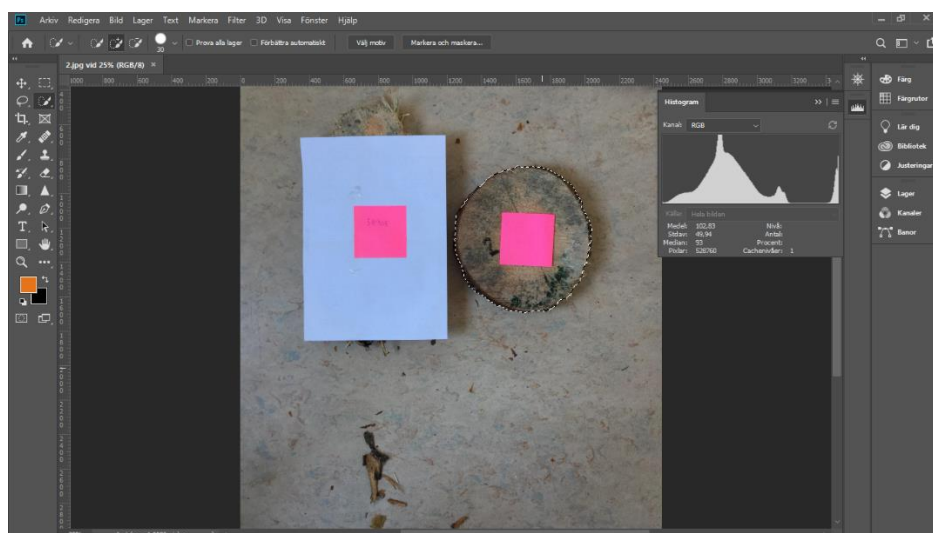
2.1 I fält

Trissorna som användes i arbetet inhämtades från en slutavverkningstrakt i närheten av Färna herrgård, 13 kilometer öster om Skinnskatteberg, Västmanlands län. Totalt 40 trissor upparbetades av en skördare. Tio trissor vardera från slutavverkningsmogen skog av gran respektive tall samt tio trissor vardera från gallringsträd av gran och tall. Trissorna sågades från antingen toppändan av förstastocken eller rotändan av andrastocken. Träden valdes ut slumpvis av skördarföraren. Trissorna inhämtades den 15:e februari 2019.

2.2 Beräkning av facit

Den ursprungliga tanken var att använda en planimeter för att bestämma trissans exakta area. Det visade sig sedermera svårt att använda sig av detta verktyg då det gav allt för stora avvikelser mätningarna emellan.

För att räkna ut den exakta arean av varje trissa användes istället programvaran Adobe Photoshop CC 2019. Varje enskild trissa placerades på en markerad plats 75 centimeter under en bordsskiva som kameran var placerad på. På trissan placerades ett referensobjekt med den exakta arean av 58,905 kvadratcentimeter. Bredvid trissan placerades ett pappersark med arean 616,12 kvadratcentimeter försedd med en lika stor referenspunkt som på trissan. Pappersarket placerades på samma höjd som trissan. Sedan fotograferades trissorna med en Iphone 6s och bilden fördes in Adobe Photoshop CC 2019.



Figur 4. Bild från Adobe Photoshop CC 2019 som visar hur referensobjekten användes för att beräkna facitarealen av trissorna. Foto: Björn Eneman.

I Photoshop användes vidhäftningsverktyget för att markera objekten i bilden. Vid markeringen av objekten går det i Photoshop att utläsa hur många pixlar denna utgörs av. Först markerades den rosa referensfiguren på pappersarket. Antalet

pixlar i referensfiguren dividerades sedan med arealen av denna. På så vis går det att utläsa hur stor varje pixel är. Därefter multiplicerades pixelstorleken med antalet pixlar på pappersarket för att få fram en areal på detsamma. Summan jämfördes sedan med den verkliga volymen på pappret och således gick det att fastställa hur mycket Photoshop överskattade den verkliga arealen på det enskilda fotot. Samma procedur upprepades sedan på trissan. Först räknades antalet pixlar i den rosa referenspunkten på trissan för att sedan divideras med den exakta arealen. Därefter markerades trissans ytterkanter med hjälp av vidhäftningsverktyget för att få fram antalet pixlar hos trissan. Pixelantalet multiplicerades slutligen med pixelstorleken för att få fram en area av trissan. Avslutningsvis justerades trissans area med samma procentuella avvikelse som mätningarna av pappersarket resulterade i. I de fall där mantelytan på trissorna skadats i samband med skördarupparbetningen, uppskattas subjektivt var på trissan den egentliga kantlinjen borde ha varit om inte trissan skadats. Detta gjordes genom att manuell justering med vidhäftningsverktyget.

2.3 Användning av klavning och diamettermåttband

Tre olika metoder av korsklavning samt en mätning med diamettermåttband användes för att beräkna trissornas area. Klaven som användes vid testerna är en Mantax Blue från Haglöfs. Diamettermåttbandet som användes var 2,5 meter långt med centimeterangivelser var 3,14:e centimeter. För att så realistiskt som möjligt simulera hur mätningar sker i praktiken gjordes inga exakta beräkningar huruvida vinkeln var exakt 90 grader vid korsklavningen. Vid korsklavningen uppskattas istället subjektivt den ungefärliga vinkeln av 90 grader. Klavens skänklar sattes an så högt upp mot trissans kant som möjligt. Diamettermåttbandet placerades även det så högt upp mot trissans övre kant som möjligt.

Den första typen av korsklavning skedde slumpvis. En riktning slumpades fram och diametern klavades först i den slumpvis valda riktningen och sedan uppskattningsvis 90 grader mot den första klavningen.

Den andra metoden av korsklavning genomfördes via klavning av trissans uppskattningsvis största diameter, samt uppskattningsvis 90 grader mot denna. Det tredje metoden genomfördes via klavning av trissans uppskattningsvis minsta diameter samt uppskattningsvis 90 grader mot den.

Vid användandet av diamettermåttbandet placerades det runt trissan och spändes åt med måttligt tryck. Mätningarna av varje enskild trissa genomfördes en gång vardera av författarna till det här arbetet. Totalt genomfördes alltså två separata mätningar av trissorna, medeltalet av dessa mätningar användes som den uppmätta diametern i beräkningarna.

Var och en av de tre klavningsmetoderna resulterade i två diametermått för vardera trissa och testperson. Det aritmetiska medelvärde av klavning ett och två fastställdes och ur denna beräknades arean av en cirkel samt av en elips. Formlerna som användes var för cirkelns area:

$$A = \pi r^2$$

Vid beräkningarna av arean för en elips användes följande formel:

$$A = r_1 r_2 \pi$$

Eftersom diametermåttbandet enbart resulterade i ett diametermått per testperson beräknades arean utifrån medeltalet av dessa. Ett medelvärde för vardera trissa och metod fastställdes genom att beräkna medelarealen utifrån respektive testpersons area. Beräkningarna skedde i Excel 2016. Medelarealen av respektive metod jämfördes mot tidigare beräkningar av facit och resulterade i en procentuell avvikelse.

2.4 Definitioner

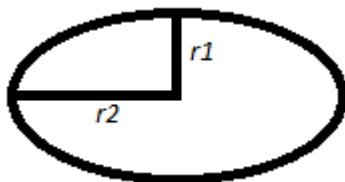
Begrepp och termer som förekommer i rapporten förklaras nedan:

Trissa är en bit trä som kapats från en timmerstock eller massavedsbit.



Figur 5. Trissa från slutavverkningsmogen gran. Foto: Björn Eneman.

Med *ellips* avses en geometrisk figur enligt bilden nedan.



Figur 6. En ellips där arean beräknas enligt: $A = r_1 r_2 \pi$. Figur: Björn Eneman.

Med *gallringsskog* avses i rapporten skog i åldersspannet 20 till 40 år.

Med *slutavverkningsmogen skog* avses skog som nått slutavverkningsmogen ålder. För Västmanlands län är lägsta slutavverkningsbara ålder 65 år för tall och gran enligt skogsvårdslagen. I resultatdelen förkortas slutavverkningsmogen skog som *Slutavv.*

Den genomsnittliga avvikelsen för respektive mätningsslag förkortas *Snittavv.*

Med begreppen *avvikelse ellips* samt *avvikelse cirkel* åsyftas hur mycket cirkelns samt ellipsens area skiljer sig gentemot den beräknade facitarealen för respektive trissa.

Brösthöjdsdiameter avser diametern 1,3 meter från marknivån (Skogskunskap, Länk A).

3. Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten från mätningarna med klaven respektive diamettermåttbandet. Längst ner i resultatdelen finns en sammanställning över respektive metods avvikelse från facit.

3.1 Mättningsresultat för trissor av tall tagna ur gallringsskog

Korsklavning med utgångspunkt från den minsta diametern resulterade i en överskattning med 0,95 procent för cirkelns area och befinner sig därmed närmast facitberäkningarna. Korsklavning med utgångspunkt från största diametern gav en överskattning på 2,71 procent medan slumpvis korsklavning överskattade arean med 2,98 procent. Den metod som överskattade arean mest var mätning med diamettermåttband, 6,47 procent.

Tabell 3.1. Tabellen visar mätresultaten från slumpvis korsklavning av trissor från gallringsskog samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Tall i gallring, slumpvis korsklavning				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
1	346,20	346,36	333,04	3,80 %	3,85 %
2	338,51	338,57	325,99	3,70 %	3,72 %
3	291,97	292,02	283,35	2,95 %	2,97 %
4	238,44	238,47	237,76	0,28 %	0,30 %
5	196,38	196,38	189,97	3,26 %	3,26 %
6	150,93	150,94	147,02	2,59 %	2,59 %
7	143,81	143,84	136,85	4,84 %	4,86 %
8	117,36	117,38	113,63	3,18 %	3,19 %
9	190,51	190,53	191,25	-0,39 %	-0,38 %
10	189,51	189,62	179,27	5,40 %	5,46 %
Snittavv.:				2,96 %	2,98 %

Tabell 3.2. Tabellen visar mätresultaten från korsklavning med trissans största diameter som utgångspunkt samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Tall i gallring, korsklavning via största diametern				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
1	340,81	341,51	333,04	2,28 %	2,48 %
2	337,88	338,16	325,99	3,52 %	3,60 %
3	299,37	299,42	283,35	5,35 %	5,37 %
4	237,72	237,79	237,76	-0,02 %	0,01 %
5	196,99	197,00	189,97	3,56 %	3,57 %
6	151,43	151,48	147,02	2,91 %	2,94 %
7	141,77	141,82	136,85	3,47 %	3,50 %
8	115,74	115,75	113,63	1,82 %	1,83 %
9	195,25	195,27	191,25	2,05 %	2,06 %
10	182,07	182,38	179,27	1,54 %	1,70 %
Snittavv.:				2,65 %	2,71 %

Tabell 3.3. Tabellen visar mätresultaten från korsklavning med trissans minsta diameter som utgångspunkt samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Tall i gallring, korsklavning via minsta diametern				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
1	333,75	334,13	333,04	0,21 %	0,33 %
2	331,45	331,72	325,99	1,65 %	1,73 %
3	289,31	289,31	283,35	2,06 %	2,06 %
4	236,76	236,76	237,76	-0,42 %	-0,42 %
5	195,15	195,15	189,97	2,65 %	2,65 %
6	149,76	149,85	147,02	1,83 %	1,89 %
7	140,73	140,76	136,85	2,75 %	2,78 %
8	114,27	114,28	113,63	0,56 %	0,57 %
9	187,11	187,18	191,25	-2,21 %	-2,18 %
10	179,16	179,40	179,27	-0,07 %	0,07 %
Snittavv.:				0,90 %	0,95 %

Tabell 3.4. Tabellen visar mätresultaten från mätningar gjorda med diametermåttband samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Tall i gallring, diametermåttband		
	Medelarea, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse
1	352,16	333,04	5,43 %
2	350,00	325,99	6,86 %
3	305,58	283,35	7,27 %
4	246,34	237,76	3,48 %
5	206,50	189,97	8,01 %
6	158,93	147,02	7,49 %
7	149,57	136,85	8,50 %
8	123,21	113,63	7,77 %
9	199,18	191,25	3,98 %
10	190,52	179,27	5,90 %
Snittavv.:			6,47 %

3.2 Mättningsresultat för trissor av gran tagna ur gallringsskog

Mättningsresultaten för grangallringsskog är de som avviker mest från facitberäkningarna. Detta beror på grantrissornas oregelbundna form. Den metod som avviker minst för cirkeln area är korsklavning med utgångspunkt från den minsta diametern, 6,54 procent. Korsklavning med utgångspunkt från största diameter samt slumpvis korsklavning avviker 7,65 procent respektive 7,75 procent. Mätningarna med diametermåttbandet resulterade i en genomsnittlig överskattning av cirkeln volym med 11,3 procent.

Tabell 3.5. Tabellen visar mätresultaten från slumpvis korsklavning av trissor från gallringsskog samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Gran i gallring, slumpvis korsklavning				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
11	199,14	199,18	180,83	9,19 %	9,21 %
12	94,64	94,69	82,37	12,97 %	13,01 %
13	139,06	139,31	123,06	11,50 %	11,66 %
14	93,51	93,66	89,41	4,39 %	4,54 %
15	81,06	81,11	74,82	7,70 %	7,76 %
16	146,04	146,07	134,97	7,58 %	7,60 %
17	238,34	238,47	225,42	5,42 %	5,47 %
18	191,08	191,13	177,65	7,03 %	7,05 %
19	126,63	126,68	116,09	8,32 %	8,36 %
20	363,81	363,82	353,40	2,86 %	2,86 %
Snittavv.:				7,70 %	7,75 %

Tabell 3.6. Tabellen visar mätresultaten från korsklavning med trissans största diameter som utgångspunkt samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Gran i gallring, korsklavning via största diametern				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
11	203,82	203,90	180,83	11,28 %	11,31 %
12	93,27	93,32	82,37	11,69 %	11,73 %
13	130,41	130,96	123,06	5,64 %	6,03 %
14	97,62	97,82	89,41	8,41 %	8,60 %
15	80,61	80,71	74,82	7,19 %	7,30 %
16	144,04	144,20	134,97	6,30 %	6,40 %
17	240,62	240,87	225,42	6,32 %	6,42 %
18	189,51	189,61	177,65	6,26 %	6,30 %
19	129,00	129,18	116,09	10,01 %	10,14 %
20	361,52	361,53	353,40	2,25 %	2,25 %
Snittavv.:				7,53 %	7,65 %

Tabell 3.7. Tabellen visar mätresultaten från korsklavning med trissans minsta diameter som utgångspunkt samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Gran i gallring, korsklavning via minsta diametern				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
11	202,38	202,47	180,83	10,65 %	10,69 %
12	92,62	92,67	82,37	11,07 %	11,12 %
13	127,39	127,78	123,06	3,40 %	3,70 %
14	93,32	93,56	89,41	4,18 %	4,44 %
15	80,20	80,32	74,82	6,71 %	6,85 %
16	141,98	142,08	134,97	4,94 %	5,01 %
17	238,91	239,16	225,42	5,65 %	5,74 %
18	184,40	184,46	177,65	3,66 %	3,69 %
19	130,51	130,71	116,09	11,05 %	11,18 %
20	364,31	364,33	353,40	2,99 %	3,00 %
Snittavv.				6,43 %	6,54 %

Tabell 3.8. Tabellen visar mätresultaten från mätningar gjorda med diametermåttband samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Gran gallring, diametermåttband		
	Medelarea, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse
11	211,24	180,83	14,39 %
12	98,70	82,37	16,54 %
13	142,61	123,06	13,71 %
14	98,11	89,41	8,86 %
15	84,96	74,82	11,93 %
16	150,66	134,97	10,42 %
17	247,31	225,42	8,85 %
18	193,84	177,65	8,35 %
19	134,78	116,09	13,87 %
20	376,17	353,40	6,05 %
Snittavv.			11,30 %

3.3 Mättningsresultat för trissor av tall tagna från slutavverkningsbestånd

För tall från slutavverkningsbestånd gav korsklavning med utgångspunkt från minsta diameter en överskattning av cirkelns area på 4,58 procent och var därmed den metoden som överskattade arean minst. Vidare resulterade slumpvis korsklavning i en överskattning på 4,97 procent av cirkelns area. Korsklavning med utgångspunkt från den största diametern resulterade i en överskattning på 5,99 procent och den metod som avvek mest från facitberäkningarna var mätning med diametermåttband, 7,58 procent.

Tabell 3.9. Tabellen visar mättningsresultaten från slumpvis korsklavning av trissor från slutavverkningsbestånd samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Tall i slutavv., slumpvis korsklavning				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
21	701,50	701,58	673,65	3,97 %	3,98 %
22	571,18	571,50	564,86	1,11 %	1,16 %
23	578,72	578,95	559,40	3,34 %	3,38 %
24	635,15	635,21	605,85	4,61 %	4,62 %
25	691,02	691,05	655,46	5,15 %	5,15 %
26	553,35	553,63	514,58	7,01 %	7,05 %
27	644,64	644,69	605,58	6,06 %	6,07 %
28	602,68	603,21	570,85	5,28 %	5,36 %
29	382,30	382,31	352,56	7,78 %	7,78 %
30	682,81	682,91	648,06	5,09 %	5,10 %
Snittavv.:				4,94 %	4,97 %

Tabell 3.10. Tabellen visar mättningsresultaten från korsklavning med trissans största diameter som utgångspunkt samt visar hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Tall i slutavv., korsklavning via största diameter				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
21	712,64	712,77	673,65	5,47 %	5,49 %
22	582,59	582,67	564,86	3,04 %	3,06 %
23	581,67	581,82	559,40	3,83 %	3,85 %
24	648,56	648,62	605,85	6,58 %	6,59 %
25	688,74	688,75	655,46	4,83 %	4,83 %
26	558,70	558,86	514,58	7,90 %	7,92 %
27	640,73	640,74	605,58	5,48 %	5,49 %
28	615,28	615,75	570,85	7,22 %	7,29 %
29	380,97	381,00	352,56	7,46 %	7,46 %
30	702,66	703,41	648,06	7,77 %	7,87 %
Snittavv.:				5,96 %	5,99 %

Tabell 3.11. Tabellen visar mättningsresultaten från korsklavning med trissans minsta diameter som utgångspunkt samt visar hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Tall i slutavv., korsklavning via minsta diameter				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
21	703,15	703,33	673,65	4,19 %	4,22 %
22	570,21	570,44	564,86	0,94 %	0,98 %
23	573,34	573,62	559,40	2,43 %	2,48 %
24	629,02	629,02	605,85	3,68 %	3,68 %
25	694,76	694,78	655,46	5,66 %	5,66 %
26	548,71	548,95	514,58	6,22 %	6,26 %
27	628,67	628,69	605,58	3,67 %	3,68 %
28	611,97	612,46	570,85	6,72 %	6,79 %
29	378,39	378,41	352,56	6,82 %	6,83 %
30	683,70	684,07	648,06	5,21 %	5,26 %
Snittavv.:				4,56 %	4,58 %

Tabell 3.12. Tabellen visar mätresultaten från mätningar gjorda med diamettermåttband samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Tall slutavv., diamettermåttband		
	Medelarea, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse
21	722,26	673,65	6,73 %
22	593,31	564,86	4,80 %
23	586,42	559,40	4,61 %
24	652,57	605,85	7,16 %
25	713,96	655,46	8,19 %
26	590,86	514,58	12,91 %
27	653,25	605,58	7,30 %
28	619,06	570,85	7,79 %
29	391,27	352,56	9,89 %
30	692,79	648,06	6,46 %
Snittavv.			7,58 %

3.4 Mätningresultat för trissor av gran tagna från slutavverkningsbestånd

Mätningarna från korsklavning med utgångspunkt från den minsta diametern överskattade cirkelns area med 3,92 procent och var därmed den metod som avvek minst från facitberäkningarna. Slumpvis korsklavning överskattade arean med 4,95 procent och korsklavning med utgångspunkt från den största diametern överskattade arean med 5,13 procent. Den metod som avvek mest från facitberäkningarna var mätning med diametermåttband som överskattade arean med 7,11 procent.

Tabell 3.13. Tabellen visar mätningresultaten från slumpvis korsklavning av trissor från slutavverkningsbestånd samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Gran i slutavv., slumpvis korsklavning				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
31	480,59	480,62	463,89	3,48 %	3,48 %
32	684,82	685,12	653,27	4,61 %	4,65 %
33	825,48	825,65	787,48	4,60 %	4,62 %
34	691,50	691,52	653,50	5,50 %	5,50 %
35	878,11	878,16	829,26	5,56 %	5,57 %
36	778,26	778,26	711,74	8,55 %	8,55 %
37	770,57	770,63	740,16	3,95 %	3,95 %
38	995,21	995,35	942,81	5,27 %	5,28 %
39	852,70	852,71	824,06	3,36 %	3,36 %
40	823,81	823,85	786,66	4,51 %	4,51 %
Snittavv.:				4,94 %	4,95 %

Tabell 3.14. Tabellen visar mätningresultaten från korsklavning med trissans största diameter som utgångspunkt samt visar hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Gran i slutavv., korsklavning via största diameter				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
31	483,31	483,35	463,89	4,02 %	4,03 %
32	673,71	674,26	653,27	3,03 %	3,11 %
33	820,28	820,68	787,48	4,00 %	4,05 %
34	688,29	688,48	653,50	5,05 %	5,08 %
35	890,76	890,79	829,26	6,90 %	6,91 %
36	775,02	775,06	711,74	8,16 %	8,17 %
37	776,09	776,22	740,16	4,63 %	4,65 %
38	1021,23	1021,42	942,81	7,68 %	7,70 %
39	853,32	853,36	824,06	3,43 %	3,43 %
40	821,19	821,35	786,66	4,21 %	4,22 %
Snittavv.:				5,11 %	5,13 %

Tabell 3.15. Tabellen visar mättningsresultaten från korsklavning med trissans minsta diameter som utgångspunkt samt visar hur resultatet avviker från facitmätningarna.

Trissa	Gran i slutavv., korsklavning via minsta diameter				
	Medelarea ellips, cm ²	Medelarea cirkel, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse ellips	Avvikelse cirkel
31	480,07	480,13	463,89	3,37 %	3,38 %
32	680,94	681,25	653,27	4,06 %	4,11 %
33	794,66	795,49	787,48	0,90 %	1,01 %
34	684,97	685,23	653,50	4,59 %	4,63 %
35	870,79	870,92	829,26	4,77 %	4,78 %
36	764,13	764,22	711,74	6,86 %	6,87 %
37	769,39	769,45	740,16	3,80 %	3,81 %
38	997,00	997,49	942,81	5,44 %	5,48 %
39	846,23	846,26	824,06	2,62 %	2,62 %
40	806,53	806,76	786,66	2,46 %	2,49 %
Snittavv.:				3,89 %	3,92 %

Tabell 3.16. Tabellen visar mätresultaten från mätningar gjorda med diametermåttband samt hur resultaten avviker från facitmätningarna.

Trissa	Gran slutavv., diametermåttband		
	Medelarea, cm ²	Facit, cm ²	Avvikelse
31	491,46	463,89	5,61 %
32	704,51	653,27	7,27 %
33	829,07	787,48	5,02 %
34	713,95	653,50	8,47 %
35	892,50	829,26	7,09 %
36	794,23	711,74	10,39 %
37	790,49	740,16	6,37 %
38	1020,71	942,81	7,63 %
39	892,17	824,06	7,63 %
40	833,92	786,66	5,67 %
Snittavv.			7,11 %

3.5 Sammanställning

Korsklavningen via minsta diameter ger den minsta avvikelsen med en genomsnittlig överskattning av cirkelns area med 4 procent. Slumpvis korsklavning överskattar cirkelns area med 5,16 procent och korsklavning via största diameter överskattar densamma med 5,37 procent. Den minst exakta metoden är mätning med diametermåttband som i genomsnitt överskattar arean med 8,12 procent. Det visade sig att gran i gallring var det typ av trädslag som gav den högsta avvikelsen från facitberäkningarna med ett genomsnitt på 8,31 procent. Tall i gallring gav en överskattning med 3,28 procent och är därmed det typ av trädslag med minst avvikelse. Tall i slutavverkningen gav en överskattning på

5,78 procent och gran i slutavverkning resulterade i en överskattning med 5,28 procent. Värt att notera är att gran i gallringsskog kraftigt höjer medelavvikelsen samt att diametermåttbandet avviker betydligt mer från facitberäkningarna än övriga metoder.

En hypotesprövning mellan metoderna korsklavning via största diameter mot mätning med diametermåttband visar att korsklavning via största diameter avviker signifikant mindre från facitberäkningarna än mätning med diametermåttbandet. Detta har kunnat påvisas med en säkerhet på 99,9 procent. Se bilaga 1. Den sämsta klavningsmetoden tycks således vara bättre än mätningar med diametermåttbandet.

Vidare genomfördes en hypotesprövning mellan metoderna korsklavning via minsta diameter mot slumpvis korsklavning. Mätningar genom korsklavning via minsta diametern påvisades vara bättre än slumpvis korsklavning, det kunde visas med en säkerhet på 99,9 procent. Se bilaga 2.

Tabell 3.17. Tabellen visar respektive metods avvikelse från facitmätningarna, efter utgångspunkten att man använt formeln för arean av en cirkel vid korsklavning.

	Respektive metods avvikelse från facit				
	Slumpvis korsklavning	Korsklavning från största diameter	Korsklavning via minsta diameter	Diameter- måttband	Genom- snitt:
Tall gallring	2,98 %	2,71 %	0,95 %	6,47 %	3,28 %
Gran gallring	7,75 %	7,65 %	6,54 %	11,30 %	8,31 %
Tall slutavv.	4,97 %	5,99 %	4,58 %	7,58 %	5,78 %
Gran slutavv.	4,95 %	5,13 %	3,92 %	7,11 %	5,28 %
Genomsnitt:	5,16 %	5,37 %	4,00 %	8,12 %	

4. Diskussion

I detta avsnitt diskuteras resultatet i samband med tidigare forskning och våra uppställda hypoteser.

4.1 Potentiella felkällor

Vid skördarupparbetningen av trissorna föll kantbitar bort från några av trissorna. Detta var främst ett problem vid upparbetningen av grantrissorna. När arean hos dessa trissor sedan skulle beräknas i Photoshop, uppskattades var den egentliga kantlinjen på bark skulle ha varit om trissan hade varit hel. Det innebär att vår uppskattning kan ha avvikit från var den egentliga kantlinjen på trissan verkligen var placerad. Det rör sig i sådana fall om millimeteravvikelser och som inte nämnvärt kan ha påverkat resultatet.



Figur 6. På bilden syns en trissa där en kantbit saknas efter skördarupparbetningen.
Foto: Björn Eneman

Vår ursprungliga tanke var att låta ett flertal testpersoner utföra klavningarna samt mätningen med diametermåttbandet. Efter att vi genomfört våra mätningar insåg vi emellertid att det skulle bli ett alltför tidskrävande moment och vi beslutade oss således att nöja oss med våra mätresultat. Att involvera fler testpersoner hade minimerat den subjektiva påverkan som ett färre antal testpersoner trots allt innebär.

När minsta respektive största diameter skulle identifieras såg vi trissan ovanifrån. I det praktiska skogsbruket blir det givetvis svårare att med samma subjektiva noggrannhet identifiera trädets kortaste samt längsta diametern i brösthöjd.

Från det att vi utförde mätningarna till dess vi utförde facitmätningarna gick det en dag. Trissorna förvarades under den här tiden inomhus i rumstemperatur vilket kan ha startat en torkningsprocess som påverkat trissans area. Förändringen är dock så minimal att den inte borde ha förändrat resultaten.

4.2 Mätningsresultatens avvikelser från facit baserat på träslag och trädens ålder

Innan mätningarna genomfördes uttalade vi en hypotes om att trissor från äldre tall bör avvika mest från facitmätningarna. Detta på grund av den irreguljära formen hos den äldre tallens ytskikt, *skorpbarken*. Som ”Tabell 3.17” visar så finner vi dock de största avvikelserna från facitmätningarna hos grantrissorna från träd i gallringsålder, inte hos trissorna från de äldre tallarna. Den hypotesen, som alltså var felaktig, formulerades utan vetskap om hur trissornas form *under barken* skulle skilja sig åt sinsemellan, något som skulle kunna tänkas ha ännu större påverkan än barkens ojämnhet, gällande mätningarnas noggrannhet. Detta anser vi vara en rimlig förklaring till resultatet, då just grantrissorna från träd i gallringsålder tycktes ha en tydligare avvikelse från en cirkulär eller ellipsliknande form än resten av trissorna. Formen hos grantrissorna i gallringsålder var dessutom mer avvikande från varandra sinsemellan än hur vi uppfattade avvikelserna i form hos resterande trissor.



Figur 7. Figuren visar trissorna nr. 13 och nr. 12. Vi tycker oss kunna se en särskilt avvikande form hos trissa nr. 13. Trissans vänstra kant böjer sig betydligt skarpare än den högra vilket resulterar i en ojämn, men något äggformad figur. Trissa nr 12 ligger betydligt närmare formen av en cirkel. Med den här figuren vill vi illustrera de relativt stora avvikelserna som förekom mellan grantrissorna från träd i gallringsålder. Foto: Björn Eneman.

På grund av studiens begränsande omfattning gällande antalet undersökta trissor tycks det förhastat att dra slutsatser om granar i gallringsålder är mer irreguljärt formade än träd av andra träslag och åldrar. Om granarna i beståndet vi tog trissorna ifrån av någon anledning är mer avvikande än genomsnittsgranen så skulle det kunna vara missledande.

Mätningarna av trissorna från tallar i gallringsålder var tydligt de minst avvikande från facitmätningarna. Detta tycks för oss föga förvånande, både på grund av att trissorna under bark tycktes tämligen cirkulära (vilket såklart är gynnsamt för noggrannheten hos metoderna som antar en cirkulär form hos mätobjektet) och på grund av att barken ej än har hunnit bli ojämn och skrovlig likt skorpbarken hos äldre tallar.

Faktumet att mätningarna av grantrissorna från träd i gallringsålder var de mest avvikande från facit var för oss det mest förvånande resultatet i undersökningen. Vi trodde att trädens förmåga att under deras livstid, anpassa sin form efter av omgivningen givna förutsättningar skulle bidra till större avvikelse ju äldre träden var. Undersökningen tycks dock för liten för att kunna fastställa att detta mönster inte skulle uppkomma i en undersökning med större statistisk säkerhet.

4.3 Jämförelse mellan mätningsmetodernas avvikelser från facit

Gällande vilka mätningsmetoder som skulle visa sig vara mest träffsäkra så fann vi det svårt att formulera en trovärdig hypotes, men då vi trodde att trissans area generellt skulle överskattas av de olika mätningsmetoderna så trodde vi också att metoderna som gav de lägsta mätresultaten skulle vara mest korrekta. Detta stämde, då alla metoderna oftast överskattade trissans area. Korsklavning med utgångspunkt från vad vi subjektivt bedömde som trissans minsta diameter levererade de bästa resultaten med en genomsnittsavvikelse från facit med 4,0 procent, vilket går att läsa i Tabell 3.17.

Husch, B. m.fl. (2003) skrev i "Forest Mensuration" att användning av geometrisk medeldiameter istället för aritmetisk medeldiameter vid korsklavning av träd skulle vara en bättre metod. Matérn, B. (1956) skrev i "The geometry of the cross-section of a stem" att det valet skulle i praktiken inte spel någon roll. Vi noterade vid undersökningen att så var fallet, skillnaden i de framräknade diametrarna var så små (sällan över 0,001 mm) att vi valde att inte presentera den geometriska medeldiametern för trissorna.

För övrigt förväntade vi oss både överskattningar och underskattningar från de mätningarna som genomfördes med klave, då detta påstods vara möjligt av Matérn (Matérn, 1956). Endast överskattningar påträffades, vilket skulle kunna förklaras av det relativt låga antalet mätobjekt. Vi bör i alla fall med hyfsad säkerhet kunna påstå att överskattningar är betydligt vanligare än underskattningar med de metoderna, något som ej nämndes i "The geometry of the cross-section of a stem" (Matérn, 1956). Där kunde man även läsa att mätningsmetoderna med klave som bygger på mätningar utifrån maximi- och minimidiametrar skulle i högre grad beroende av antaganden om tvärsnittets form, jämfört med mätningar baserade på en på måfå vald riktning. Detta skulle enligt Matérn kunna resultera i både relativt stora överskattningar och relativt stora underskattningar i förhållande till trädets konvexa hölje, något som vi inte kunnat bekräfta. Mätningarna gjorda med maximi- och minimidiametrarna som utgångspunkt tycktes istället vara de mest tillförlitliga. Utöver det så betonade Matérn sammanfattningsvis att då den undersökningen endast setts ur ren geometrisk synpunkt så kunde inte några bestämda rekommendationer om "lämpliga uppskattningsförfaranden" lämnas. Däremot lämnades, vad han kallat för, en "rent subjektiv bedömning" om att den geometriska undersökningen ger ett visst stöd för användningen av omkretsmätning istället för klavning. Våra resultat visar på motsatsen. Vi anser därmed att det bör finnas intresse för vidare studier i ämnet, med målbilden att kunna ge bättre rekommendationer om valet av metod. Att resultaten från vår praktiskt inriktade undersökning skiljde mycket från vad man skulle kunna förutspå från Matérns geometriska undersökning skulle kunna tänkas förklaras av både just de olika infallsvinklarna som undersökningarna haft, samt relativt stora avvikelser hos ett relativt litet antal mätobjekt i vår undersökning.

Avslutningsvis väljer vi att citera Bertil Matérns avslutande ord i "The geometry of the cross-section of a stem". Där skriver han följande:

"Om man på en noggrant vald samling av stamtrissor gör observationer av det konvexa deficitet, det isoperimetriska deficitet, diametervariansen etc., bör man få en rätt god inblick i hur >>stamtvärsnittets geometri> påverkar olika i praktiken tillämpade mättnings- och uppskattningsförfaranden." (Matérn, 1956).

Vi anser vidare att valet av olika mättningsmetoder även skulle kunna underlättas av mer omfattande, praktiskt inriktade, undersökningar av metodernas träffsäkerhet än vad vi kunnat presentera här.

5. Referenslista

5.1 Litteratur

Husch, B., Beers, T., Kershaw, J. 2003. *Forest Mensuration*. USA, John Wiley and Sons.

Högberg, H. (2013). *Skogsuppskattning för skogsmästare*. Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet.

Karlsson, C. (1987). *Skogsuppskattning, skogsinventering*. Stockholm: Liber.

Matérn, B. (1956). *On the geometry of the cross-section of a stem*. Stockholm: Statens skogsforskningsinstitut (Meddelande från statens skogsforskningsinstitut, 46:11).

Rodríguez, F. (2015). Diameter versus girth: which variable provides the best estimate of the cross-sectional area?. *Forest systems*, Vol 24, No 3.

Watts, S.B., Tolland, L (2005). *Forestry handbook for British Columbia*. Vancouver: University of British Columbia.

West, P.W. (2009). *Tree and Forest measurement*. Berlin: Springer Verlag.

5.2 Internetkällor

Länk A:

Skogskunskap.se (2019).

[Online] Tillgänglig:

<https://www.skogskunskap.se/ordlista/b/brosthoidsdiameter/> [2019-04-10]

6. Bilagor

Bilaga 1 Hypotesprövning korsklavning via största diameter mot mätning med diametermåttband. Sidan 30.

Bilaga 2 Hypotesprövning korsklavning via minsta diameter mot slumpvis korsklavning. Sidan 31.

$$\begin{cases} H_0 : \mu_D = 0 \\ H_1 : \mu_D \neq 0 \end{cases}$$

D står för differensen mellan mätmetoderna klavning via största diameter och mätning med diamettermåttband.

$$\bar{X} = 10,35$$

$$s = 9,2761$$

$$n = 40$$

$$Z = \frac{10,35}{\frac{9,2761}{\sqrt{40}}} = 7,056$$

Dubbelsidigt test, 5 % nivå ger $z = 1,96$ enligt tabell. H_0 förkastas.

Dubbelsidigt test, 1 % nivå ger $z = 2,58$ enligt tabell. H_0 förkastas.

Dubbelsidigt test, 0,1 % nivå ger $z = 3,29$ enligt tabell. H_0 förkastas.

Slutsats: Korsklavning via största diameter avviker signifikant mindre från facitberäkningarna än mätningarna gjorda med diamettermåttbandet. Detta har bevisats med 99,9 % säkerhet.

$$\begin{cases} H_0 : \mu_D = 0 \\ H_1 : \mu_D \neq 0 \end{cases}$$

D står för differensen mellan mätmetoderna klavning via minsta diameter och mätning med hjälp av slumpvis korsklavning.

$$\begin{aligned} \bar{X} &= 4,28 \\ s &= 7,0164 \\ n &= 40 \end{aligned}$$

$$Z = \frac{4,28}{\frac{7,0164}{\sqrt{40}}} = 3,858$$

Dubbelsidigt test, 5 % nivå ger $z = 1,96$ enligt tabell. H_0 förkastas.

Dubbelsidigt test, 1 % nivå ger $z = 2,58$ enligt tabell. H_0 förkastas.

Dubbelsidigt test, 0,1 % nivå ger $z = 3,29$ enligt tabell. H_0 förkastas.

Slutsats: Korsklavning via minsta diameter avviker signifikant mindre från facitberäkningarna än mätningarna gjorda genom slumpvis korsklavning. Detta har bevisats med 99,9 % säkerhet.